553,348

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
21 octobre 2004 (21.10.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/090718 A1

(51) Classification internationale des brevets[7] : G06F 9/445, G07F 7/10

(21) Numéro de la demande internationale : PCT/EP2004/050437

(22) Date de dépôt international : 2 avril 2004 (02.04.2004)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0304628 14 avril 2003 (14.04.2003) FR

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **GEMPLUS** [FR/FR]; Avenue du Pic de Bertagne, Parc d'activité de Gémemnos, F-13420 Gemenos (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants *(pour US seulement)* : **BENOIT, Alexandre** [FR/FR]; Résidence Central Parc, Bt F, F-13400 Aubagne (FR). **ROUSSEAU, Ludovic** [FR/FR]; Les Aires St Michel, Bt A, F-13400 Aubagne (FR).

(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

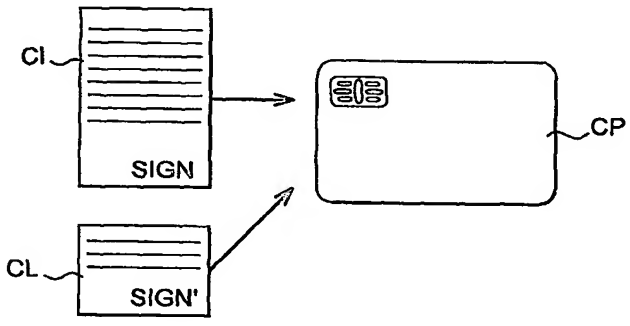
(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :
— *avec rapport de recherche internationale*

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR MANAGING AN EXECUTABLE CODE DOWNLOADED IN A REPROGRAMMABLE ON-BOARD SYSTEM

(54) Titre : PROCEDE DE GESTION D'UN CODE EXECUTABLE TELECHARGE DANS UN SYSTEME EMBARQUE REPROGRAMMABLE



(57) Abstract: The invention relates to a method for managing an original executable code (CI) downloaded into a reprogrammable computer on-board system such as a microprocessor card (CP), said code comprising a cryptographic signature (SIGN) and being executable by the microprocessor once the validity of said signature has been checked. The inventive method comprises the following steps: off the card, a modified executable code (CI') corresponding to the original code and adapted to a pre-defined specific use is identified, a software component (CL) is calculated, which, when applied to the original code, enables the modified code to be reconstructed, said software component is signed, and the signed original code and the signed software component are downloaded into the card; then, on the card, the signatures (SIGN, SIGN') of the original code and the software component are checked, and the software component is applied to the original code in order to reconstruct the modified code for the execution of the same by means of the microprocessor.

(57) Abrégé : L' invention concerne un procédé de gestion d'un code exécutable original (CI) téléchargé dans un système informatique embarqué reprogrammable tel qu'une carte à microprocesseur (CP) , ledit code possédant une signature cryptographique (SIGN) et étant exécutable par le microprocesseur après vérification de la validité de ladite signature, comprenant les étapes consistant: hors carte : à identifier un code exécutable modifié (CI') correspondant au code original, adapté à une utilisation spécifique prédéfinie; à calculer un composant logiciel (CL) qui, lorsqu'il est appliqué au code original, permet de reconstruire le code modifié; à signer ledit composant logiciel; à télécharger le code original signé et le composant logiciel signé dans la carte; sur carte : à vérifier les signatures (SIGN, SIGN') du code original et du composant logiciel; à appliquer le composant logiciel sur le code original, de façon à reconstruire le code modifié pour son exécution par le microprocesseur.

WO 2004/090718 A1

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

PROCEDE DE GESTION D'UN CODE EXECUTABLE TELECHARGE DANS UN SYSTEME EMBARQUE REPROGRAMMABLE

L'invention concerne un procédé de gestion d'un code exécutable prévu pour être téléchargé, notamment dans un système informatique embarqué à microprocesseur.

D'une manière générale, la présente invention s'applique à tout système embarqué, reprogrammable par téléchargement d'un programme constitué par un code exécutable, se présentant sous la forme d'une suite d'instructions exécutables par le microprocesseur du système embarqué. L'invention trouve une application particulièrement intéressante dans un contexte où le code exécutable est constitué par un code objet intermédiaire, exécutable par le microprocesseur du système embarqué par l'intermédiaire d'un interpréteur du code intermédiaire, communément appelé machine virtuelle, muni d'une pile d'exécution et de registres d'opérandes manipulés par ces instructions et permettant d'interpréter ce code intermédiaire.

Plus particulièrement, la description qui va suivre concerne l'application de l'invention dans le contexte des cartes à microprocesseurs reprogrammables de type JavaCard.

Les cartes à microprocesseur de type JavaCard sont en effet reprogrammables par l'intermédiaire d'une opération de téléchargement d'un petit programme, désigné par « appliquette » ou « applet » selon la terminologie anglo-saxonne.

Pour des raisons de portabilité entre différents systèmes informatiques embarqués, un applet se présente sous forme de code pour une machine virtuelle standard.

Ce code écrit sous forme binaire sert d'intermédiaire entre le code source et le code binaire exécutable et est obtenu par exemple par la mise en œuvre d'un compilateur Java. Ce code intermédiaire, « bytecode » selon la terminologie anglo-saxonne, n'est donc pas directement exécutable par le microprocesseur de la carte mais doit être interprété de manière logicielle par un interpréteur de code binaire appelé machine virtuelle. Il suffit que la carte dans laquelle doit s'exécuter l'applet écrit en langage intermédiaire soit munie d'un minimum de ressources informatiques spécifiques formant le programme constitutif de la machine virtuelle. Dans l'exemple précité des cartes de type JavaCard, la machine virtuelle utilisée est un sous-ensemble de la machine virtuelle Java.

L'opération de téléchargement d'applets sur un système informatique embarqué doté d'un interpréteur de code intermédiaire pose un certain nombre de problèmes de sécurité. Ainsi, un applet involontairement mal écrit peut modifier de manière incorrecte des données déjà présentes sur le système, empêcher le programme principal de s'exécuter correctement, ou encore modifier d'autres applets téléchargés précédemment, en rendant ceux-ci inutilisables ou nuisibles.

Egalement, à partir d'un applet écrit dans un but malveillant, il est possible d'effectuer une opération de duplication de zones de mémoire de la carte et/ou de mettre en péril le bon fonctionnement de la carte à puce. Il devient ainsi possible d'avoir accès à des données confidentielles ou non autorisées stockées dans le système, telles que le code d'accès dans le cas d'une carte bancaire par exemple, ou d'attaquer l'intégrité d'une ou plusieurs applications présentes sur la carte. Enfin, si la carte est connectée au monde

extérieur, les dysfonctionnements provoqués peuvent se propager à l'extérieur de la carte.

Aussi, des solutions ont été proposées de manière à remédier aux problèmes de sécurité impliqués par l'opération de téléchargement de code intermédiaire (bytecode) sur un système informatique embarqué doté d'un interpréteur de code intermédiaire, tel que l'exemple précité de la JavaCard.

Une solution consiste à effectuer des contrôles dynamiques d'accès et de typage pendant l'exécution des applets. La machine virtuelle effectue alors un certain nombre de contrôles lors de l'exécution des applets, tels que :

Contrôle d'accès à la mémoire : à chaque lecture ou écriture d'une zone mémoire, la machine virtuelle vérifie le droit d'accès de l'applet aux données correspondantes ;

Vérification dynamique des types de données : à chaque instruction de l'applet, la machine virtuelle vérifie que les contraintes sur les types de données sont satisfaites ;

Détection des débordements de pile et des accès illégaux dans la pile d'exécution de la machine virtuelle.

Cette solution présente toutefois l'inconvénient d'un ralentissement très important de l'exécution, provoqué par l'ensemble des vérifications dynamiques. De telles vérifications augmentent également les besoins en mémoire vive et permanente du système, en raison des informations supplémentaires de type qu'il est nécessaire d'associer aux données manipulées.

Une autre solution consiste alors à spécifier le code intermédiaire (bytecode) de telle sorte qu'il soit possible de contrôler de manière statique (c'est-à-dire

pendant l'opération de téléchargement et avant son exécution) que le programme est inoffensif. Ceci est réalisé par un organe de sécurité appelé vérifieur. Pour des raisons de sécurité, les cartes JavaCard doivent donc posséder un vérifieur à bord.

Bien qu'il permette une exécution du code intermédiaire beaucoup plus rapide par rapport au processus de vérification dynamique, un tel processus de vérification statique présente toutefois l'inconvénient d'être coûteux, tant en taille de code nécessaire pour conduire ce processus, qu'en taille de mémoire vive nécessaire pour contenir les résultats intermédiaires de la vérification, et qu'en temps de calcul.

En partant du principe énoncé dans cette dernière solution, la demande de brevet FR 2 797 963 (D1) présente un protocole de gestion d'un code intermédiaire téléchargé associé à un processus de vérification statique de ce code intermédiaire lors de son téléchargement, qui permet une exécution sure de ce dernier par le système informatique embarqué. On obtient ainsi avantageusement un vérifieur beaucoup plus simple et beaucoup moins coûteux en taille de code nécessaire.

L'idée centrale de D1 est de transformer le code intermédiaire hors carte avant son téléchargement pour en simplifier la vérification une fois qu'il a été téléchargé et mémorisé dans la carte. Une phase de transformation du code intermédiaire est donc réalisée hors de la carte et il s'agit par conséquent d'un code intermédiaire modifié et normalisé qui est téléchargé dans la carte, plutôt que le code intermédiaire original obtenu par la mise en œuvre d'un compilateur Java. Ainsi, le code intermédiaire transformé hors

carte sera plus facilement vérifié en mode statique selon un processus de vérification prédéfini puisqu'il aura été transformé en un code intermédiaire normalisé satisfaisant a priori aux critères de vérification du processus de vérification prédéfini objet de D1. Cette phase préalable de transformation effectuée hors carte permet donc avantageusement d'accélérer le processus de vérification. Pour une description détaillée de cette solution, on pourra se reporter au texte de D1.

Toutefois, un inconvénient de la méthode proposée dans D1 est qu'elle ne permet pas de faire cohabiter le processus de vérification du code intermédiaire sur laquelle elle repose avec un système de signature de ce code intermédiaire. Ainsi, D1 ne permet pas d'avoir un code intermédiaire d'une part, vérifiable de façon simple et rapide et, d'autre part, signé. En effet, la méthode proposée par D1 prévoit de transformer le code intermédiaire hors carte avant son téléchargement comme expliqué plus haut et, par conséquent, la signature du développeur du code (ou de toute autre personne habilitée à signer le code) effectuée avant la transformation imposée hors carte au code intermédiaire devient, du fait même de cette modification, invalide. Il en résulte que la signature n'est alors plus vérifiable par la carte.

Or, la possibilité laissée à la carte de pouvoir vérifier la signature du code intermédiaire téléchargé est également très importante en terme de sécurité. En effet, la vérification préalable du code intermédiaire avant son exécution ne permet pas de s'assurer que le code intermédiaire ne contient pas de « cheval de Troie ». En fait, seule une analyse manuelle permet de contrôler que le code intermédiaire, même s'il est correct vis-à-vis de la vérification, n'est pas

agressif et ce contrôle ne peut pas être réalisé par la carte. Plus précisément, la carte ne peut en fait que vérifier la validité d'une signature attestant que ce contrôle manuel du code intermédiaire a été effectué correctement. D'où l'importance de pouvoir mettre en œuvre le téléchargement d'un code intermédiaire disposant d'une signature valide.

La présente invention, qui se fonde sur ces différents constats, a pour but de pallier les inconvénients précités liés à la mise en œuvre du procédé de vérification objet de D1.

Avec cet objectif en vue, l'invention vise plus particulièrement à faire cohabiter un système de signature avec le système de vérification proposé par D1 lors du téléchargement d'un code intermédiaire dans un système informatique embarqué reprogrammable doté d'un interpréteur de code intermédiaire, sans toutefois renoncer aux avantages procurés par le système de vérification selon D1, notamment en termes de simplicité et de rapidité.

Plus généralement, un objet de l'invention est la mise en œuvre d'un procédé de gestion d'un code exécutable à télécharger, intermédiaire ou non, permettant la vérification d'une signature de ce code par un système informatique embarqué tel qu'une carte à microprocesseur, tout en laissant l'opportunité d'opérer une transformation du code exécutable en vue d'une utilisation spécifique prédéfinie. Par exemple, la transformation du code exécutable original peut vouloir viser à améliorer sa vérification lors de son téléchargement selon les principes du processus de vérification exposés dans D1, lorsqu'il s'agit d'un code intermédiaire exécuté par l'intermédiaire d'une machine virtuelle, ou bien encore à améliorer sa

vitesse d'exécution par le microprocesseur de la carte, sans qu'une telle transformation puisse altérer la validité de la signature et donc sa vérification par la carte.

A cet effet, l'invention concerne donc un procédé de gestion d'un code exécutable original formant un programme destiné à être téléchargé dans un système informatique embarqué reprogrammable tel qu'une carte à microprocesseur, ledit code possédant une signature cryptographique et étant exécutable par le microprocesseur du système embarqué après vérification par celui-ci de la validité de ladite signature, ledit procédé comprenant les étapes consistant au moins :

- hors carte : - à identifier un code exécutable modifié correspondant au code original, adapté à une utilisation spécifique prédéfinie; - à partir des variations entre les données du code original et du code modifié correspondant, à calculer un composant logiciel qui, lorsqu'il est appliqué au code original, permet de reconstruire le code modifié; et - à signer ledit composant logiciel;

- à télécharger le code original signé et le composant logiciel signé dans la carte;

- sur carte : - à vérifier les signatures respectivement du code original et du composant logiciel; - à appliquer le composant logiciel sur le code original de façon à reconstruire le code modifié pour son exécution par le microprocesseur.

Dans une variante, le code exécutable original est constitué par un code intermédiaire, exécutable par le microprocesseur de système embarqué par l'intermédiaire d'une machine virtuelle permettant d'interpréter ce code intermédiaire.

Selon un premier mode de réalisation, en liaison avec ladite variante, la machine virtuelle est munie d'une pile d'exécution et le composant logiciel téléchargé, appliqué sur carte au code intermédiaire original, permet de reconstruire un code intermédiaire modifié satisfaisant a priori à des critères de vérification dudit code intermédiaire selon lesquels les opérandes de chaque instruction dudit code appartiennent aux types de données manipulées par cette instruction et, à chaque instruction de cible de branchement, la pile d'exécution de la machine virtuelle est vide.

De préférence, le code intermédiaire modifié obtenu par l'application du composant logiciel est vérifié, avant son exécution par le microprocesseur par l'intermédiaire de la machine virtuelle, selon un processus vérifiant que le code intermédiaire modifié satisfait aux critères de vérification.

Selon un autre mode de réalisation, le composant logiciel téléchargé, appliqué sur carte au code original, permet de reconstruire un code modifié tel que son exécution est plus rapide par rapport à celle du code original.

Selon un autre mode de réalisation, le composant logiciel téléchargé, appliqué sur carte au code original, permet de reconstruire un code modifié tel qu'il procure une optimisation en taille par rapport au code original.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront plus clairement de la description qui est faite ci-après, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux figures suivantes dans lesquelles :

- la figure 1 illustre de façon schématique les étapes du procédé réalisées hors carte ;
- la figure 2 illustre de façon schématique l'étape de téléchargement dans la carte du code intermédiaire original et du composant logiciel associé dédié à une utilisation spécifique prédéfinie, et
- la figure 3 illustre de façon schématique les étapes du procédé réalisées sur carte.

La description qui va suivre est plus particulièrement orientée vers une application de l'invention dans un contexte de système ouvert, et plus particulièrement celui des cartes à microprocesseurs reprogrammables de type JavaCard CP comme représentée à la figure 2, où le code original téléchargé est un code intermédiaire exécuté par le microprocesseur par l'intermédiaire d'une machine virtuelle. Toutefois, il ne doit pas être perdu de vue que le procédé selon l'invention s'applique également dans un contexte où le code téléchargé n'est pas un code intermédiaire mais un code directement exécutable par le microprocesseur du système embarqué.

De tels systèmes reprogrammables ajoutent donc la possibilité d'enrichir le programme exécutable après la mise en service du système par une opération de téléchargement d'un applet. L'applet devant être téléchargé se présente sous la forme d'un code exécutable original CI, constitué dans cet exemple par un code intermédiaire pour une machine virtuelle, typiquement un sous-ensemble de la machine virtuelle Java résidant dans la mémoire de la carte. Ainsi, une fois le code intermédiaire CI généré, un auditeur est mis à contribution pour vérifier que le code intermédiaire CI ne contient pas de cheval de Troie.

Dans le cas où le code intermédiaire CI ne contient effectivement aucun programme malicieux de ce type, l'auditeur signe le code intermédiaire CI. La signature cryptographique SIGN peut être effectuée en utilisant tout mécanisme de signature électronique à la disposition de l'homme de l'art. Le code intermédiaire CI signé est alors utilisable sur n'importe quelle carte Java et possède donc une signature SIGN attestant de son innocuité et susceptible d'être vérifiée par la carte au moment de son téléchargement. La vérification de la signature électronique consiste à vérifier que la signature est valide.

Une caractéristique essentielle de l'invention consiste à télécharger le code intermédiaire CI original, c'est-à-dire non modifié, dans la carte CP et de lui adjoindre un composant logiciel CL permettant, lorsqu'il est appliqué au code intermédiaire original, de calculer un code intermédiaire CI' modifié adapté à une utilisation spécifique prédéfinie. Sur les figures le code intermédiaire original CI est schématisé par des lignes de code en trait continu, tandis que le code intermédiaire modifié CI' correspondant est schématisé par des lignes de code en trait continu et en pointillés.

Selon l'invention, le logiciel CL supplémentaire à appliquer au code intermédiaire original signé CI est calculé hors carte en fonction du code intermédiaire original CI et d'un code intermédiaire modifié correspondant, identifié pour une utilisation spécifique prédéfinie. De la même façon que pour le code intermédiaire original CI, le composant logiciel CL est signé et possèdent donc une signature SIGN' susceptible d'être vérifiée.

L'application principale de l'invention est de pouvoir faire cohabiter un système de signature avec le système de vérification proposé par D1 lors du téléchargement du code intermédiaire dans la carte. Aussi, dans le cadre de cette application, le code intermédiaire CI' est un code intermédiaire modifié adapté à l'utilisation spécifique prédéfinie consistant à satisfaire a priori aux critères de vérification du processus de vérification objet de D1. Ainsi, dans l'application principale de l'invention, le composant logiciel est calculé de telle sorte qu'une fois appliqué au code intermédiaire original CI, on obtient un code intermédiaire modifié CI' qui est normalisé selon l'enseignement de D1 de façon à satisfaire a priori aux critères de vérification du processus de vérification objet de D1. Notamment, le code intermédiaire normalisé selon D1 est tel que les opérandes de chaque instruction appartiennent aux types de données manipulées par cette instruction et la pile d'exécution de la machine virtuelle est vide à chaque instruction de cible de branchement. Pour une description plus détaillée, le lecteur pourra utilement se reporter au texte de D1. Cependant, il sortirait du cadre de la présente demande de détailler ici les calculs permettant d'aboutir au composant logiciel tel que défini, qui sont par ailleurs connus de l'homme du métier.

Le code intermédiaire original CI et le composant logiciel CL associé sont alors téléchargés dans la carte CP, voir la figure 2. Le composant logiciel CL voyage donc avec le code intermédiaire original CI et est destiné à être appliqué sur carte au code intermédiaire original, une fois stocké avec ce dernier dans une mémoire permanente réinscriptible de la carte.

La carte vérifie tout d'abord que la signature SIGN du code intermédiaire CI est valide, de façon à s'assurer que ce dernier ne comprend pas de cheval de Troie ni aucun autre code malicieux du même type. La carte vérifie également la validité de la signature SIGN' du composant logiciel CL pour s'assurer que lui non plus ne contient pas de cheval de Troie.

Une fois ces opérations préalables de vérification de signature effectuées avec succès, la carte applique le composant logiciel CL au code intermédiaire original CI, voir la figure 3, de façon à reconstruire le code modifié CI' adapté à l'utilisation spécifique prédéfinie consistant, dans le mode de réalisation principal de l'invention, à satisfaire a priori aux critères de vérification du processus de vérification objet de D1.

La carte peut alors vérifier le code intermédiaire modifié avant son exécution par le microprocesseur par l'intermédiaire de la machine virtuelle en mettant en œuvre les techniques de vérification employées dans le processus de vérification statique d'un fragment de programme objet de D1. Ainsi, le processus de vérification consiste à vérifier que le code intermédiaire modifié CI' satisfait aux critères de vérification précités, à savoir que les opérandes de chaque instruction du code modifié appartiennent aux types de données manipulées par cette instruction et, à chaque instruction de cible de branchement, la pile d'exécution de la machine virtuelle est vide. Il est demandé au lecteur de se rapporter au texte de D1 pour davantage de détails qui seraient superflus dans le cadre de la présente demande.

Puis, une fois la vérification du code intermédiaire modifié conduite selon les principes du

vérifieur objet de D1, le code intermédiaire modifié est exécuté par le microprocesseur par l'intermédiaire de la machine virtuelle.

Ainsi, le procédé selon l'invention permet de faire cohabiter avantageusement un système de signature avec le système de vérification proposé par D1 lors du téléchargement d'un code intermédiaire dans un système informatique embarqué reprogrammable. Il est donc possible de télécharger des applets signés dans la carte et de permettre à la carte de vérifier cette signature tout en conduisant un processus de vérification tel qu'exposé dans D1. Ceci est rendu possible grâce au composant logiciel à télécharger en même temps que le code intermédiaire original signé, qui permet lorsqu'il est appliqué sur carte à ce dernier, d'obtenir un code intermédiaire modifié répondant aux principes du vérifieur simple et rapide exposé dans D1.

Le code intermédiaire téléchargé dans la carte selon l'invention étant le code intermédiaire original, sa signature n'est pas rendue invalide par un quelconque processus de modification effectué hors carte et, en conséquence, la carte est à même de vérifier sa signature avant son exécution.

Toutefois, si l'application principale qui a été présentée concerne un composant logiciel adapté à des fins de vérification du code intermédiaire selon les principes exposés dans D1, l'invention ne se limite nullement à une telle application.

De façon générale, l'invention s'applique au téléchargement dans un système embarqué reprogrammable d'un code exécutable original, intermédiaire ou non en fonction du système, et d'un composant logiciel associé tel que, lorsqu'il est appliqué sur carte au code

original, le composant logiciel permet de reconstruire un code modifié adapté pour une utilisation spécifique prédéfinie. La finalité peut donc être autre que l'obtention d'un code modifié permettant l'application du processus de vérification selon D1.

Notamment, l'utilisation spécifique prédéfinie à laquelle répond le code modifié peut correspondre à une optimisation en temps de l'exécution du code. Ainsi, le composant logiciel téléchargé avec le code original peut être calculé de façon que le code original, une fois modifié sur carte par application du composant, s'exécute plus rapidement. Dans cette application de l'invention, le composant logiciel téléchargé appliqué sur carte au code original permet donc de reconstruire un code modifié tel que son exécution est plus rapide par rapport à celle du code original.

Egalement, le composant logiciel téléchargé avec le code original peut être calculé de façon que le code original, une fois modifié sur carte par application du composant, occupe une place mémoire moindre. Dans cette application de l'invention, le composant logiciel téléchargé, appliqué sur carte au code original, permet donc de reconstruire un code modifié tel qu'il procure une optimisation en taille par rapport au code original.

L'exemple donné ci-après à titre illustratif concerne un cas concret d'application sur carte d'un composant logiciel sur un code intermédiaire original en vue d'obtenir une optimisation en vitesse d'exécution et en taille du code original téléchargé. Dans cet exemple, le code intermédiaire original téléchargé décrit une opération courante effectuée dans les programmes de carte à puce consistant à récupérer

l'octet de poids faible d'un mot de 16 bits placé sur la pile.

Soit donc le code intermédiaire original suivant (code opération Java et notation symbolique) :

0x11 sspush 255
0x00
0xFF
0x53 sand ;

Ce code permet de récupérer l'octet de poids faible d'un mot de 16 bits placé sur la pile. Pour cela, il faut empiler un mot de 16 bits dont l'octet de poids fort est à 0x00 et l'octet de poids faible est à 0xFF (sspush 255), puis faire un ET logique entre les deux mots de 16 bits sur la pile (sand).

Et, soit le code de remplacement correspondant :

0xC9 Xsand_255 ;

Dans cet exemple particulier, le composant logiciel téléchargé destiné à être appliqué sur carte au code intermédiaire original, a pour fonction de remplacer la suite d'instructions 0x11, 0x00, 0xFF, 0x53 par le code de remplacement 0xC9, pour obtenir ainsi un code intermédiaire modifié pour effectuer la même opération mais procurant un gain de 3 octets par rapport au code intermédiaire original et donc une optimisation en taille et en vitesse lors de son exécution par le microprocesseur par l'intermédiaire de la machine virtuelle.

D'autres applications peuvent bien sûr être envisagées sans pour autant sortir du cadre de la présente invention.

REVENDICATIONS

1. Procédé de gestion d'un code exécutable original (CI) formant un programme destiné à être téléchargé dans un système informatique embarqué reprogrammable tel qu'une carte à microprocesseur (CP), ledit code possédant une signature cryptographique (SIGN) et étant exécutable par le microprocesseur du système embarqué après vérification par celui-ci de la validité de ladite signature, ledit procédé comprenant les étapes consistant au moins :

- hors carte : - à identifier un code exécutable modifié (CI') correspondant au code original, adapté à une utilisation spécifique prédéfinie; et - à partir des variations entre les données du code original (CI) et du code modifié (CI') correspondant, à calculer un composant logiciel (CL) qui, lorsqu'il est appliqué au code original, permet de reconstruire le code modifié; - à signer ledit composant logiciel (CL);

- à télécharger le code original signé et le composant logiciel signé dans la carte;

- sur carte : - à vérifier les signatures (SIGN, SIGN') respectivement du code original (CI) et du composant logiciel (CL); - à appliquer le composant logiciel (CL) sur le code original (CI), de façon à reconstruire le code modifié (CI') pour son exécution par le microprocesseur.

2. procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le code exécutable original (CI) est constitué par un code intermédiaire, exécutable par le microprocesseur de système embarqué par l'intermédiaire d'une machine virtuelle permettant d'interpréter ce code intermédiaire.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que la machine virtuelle est munie d'une pile d'exécution et en ce que le composant logiciel (CL) téléchargé, appliqué sur carte au code intermédiaire original (CI), permet de reconstruire un code intermédiaire modifié (CI') satisfaisant a priori à des critères de vérification dudit code intermédiaire selon lesquels les opérandes de chaque instruction dudit code appartiennent aux types de données manipulées par cette instruction et, à chaque instruction de cible de branchement, la pile d'exécution de la machine virtuelle est vide.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que le code intermédiaire modifié (CI') obtenu par l'application du composant logiciel est vérifié, avant son exécution par le microprocesseur par l'intermédiaire de la machine virtuelle, selon un processus vérifiant que le code intermédiaire modifié (CI') satisfait aux critères de vérification.

5. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le composant logiciel (CL) téléchargé, appliqué sur carte au code original (CI), permet de reconstruire un code modifié tel que son exécution est plus rapide par rapport à celle du code original.

6. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le composant logiciel (CL) téléchargé, appliqué sur carte au code original (CI), permet de reconstruire un code modifié tel qu'il procure une optimisation en taille par rapport au code original.

1 / 1

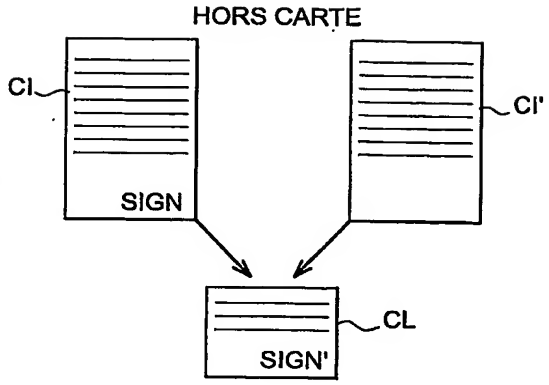


Fig. 1

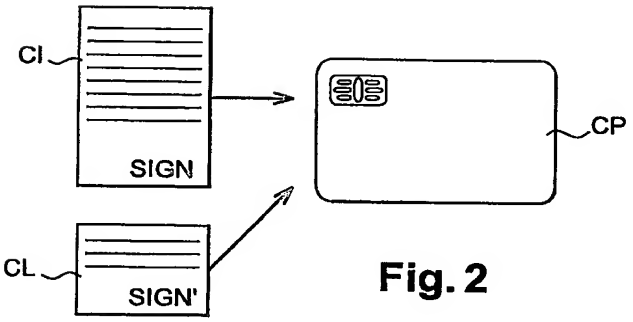


Fig. 2

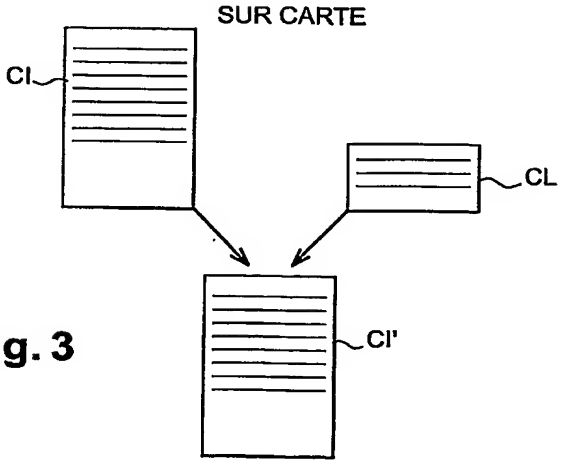


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/050437

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G06F9/445 G07F7/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G07F G06F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6 005 942 A (CHAN ALFRED ET AL) 21 December 1999 (1999-12-21) column 7, line 51 - column 11, line 63 column 17, line 8 - column 20, line 10	1-6
Y	US 2002/002703 A1 (EIRICH THOMAS ET AL) 3 January 2002 (2002-01-03) figure 1 paragraph '0005! - paragraph '0014! paragraph '0022! - paragraph '0031!	1-6
A	SUN MICROSYSTEMS: "JAVA CARD 2.1 VIRTUAL MACHINE SPECIFICATION" 1999, JAVA CARD 2.1 VIRTUAL MACHINE SPECIFICATION, XX, XX, PAGE(S) COMPLETE , XP002146390 paragraph '01.1! - paragraph '01.4! paragraph '03.1! - paragraph '3.10.1!	1-6

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
21 June 2004	27/07/2004

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Kusnierczak, P

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2004)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/050437

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 797 963 A (TRUSTED LOGIC) 2 March 2001 (2001-03-02) cited in the application page 2, line 28 - page 14, line 21 page 18, line 3 - page 28, line 17	1-6
A	LEROY X: "On-Card Bytecode Verification for Java Card" 2001, LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE, SPRINGER VERLAG, NEW YORK, NY, US, VOL. 2140, PAGE(S) 150-164 , XP002208586 ISSN: 0302-9743 the whole document	1-6
A	CASSET L ET AL: "Formal development of an embedded verifier for java card byte code" PROCEEDINGS INTERNATIONAL CONFERENCE ON DEPENDABLE SYSTEMS AND NETWORKS. DSN 2002. WASHINGTON, D.C., JUNE 23 - 26, 2002, INTERNATIONAL CONFERENCE ON DEPENDABLE SYSTEMS AND NETWORKS, LOS ALAMITOS, CA, IEEE COMP. SOC, US, 23 June 2002 (2002-06-23), pages 51-56, XP010600283 ISBN: 0-7695-1597-5 the whole document	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

[redacted]ormation on patent family members

International Application No
PCT/EP2004/050437

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6005942 A	21-12-1999	AU 746459 B2	02-05-2002
		AU 6578698 A	20-10-1998
		CA 2288824 A1	01-10-1998
		EP 1004992 A2	31-05-2000
		EP 1021801 A1	26-07-2000
		US 6233683 B1	15-05-2001
		WO 9843212 A1	01-10-1998
US 2002002703 A1	03-01-2002	EP 1168165 A2	02-01-2002
		JP 2002116838 A	19-04-2002
FR 2797963 A	02-03-2001	FR 2797963 A1	02-03-2001
		AT 252742 T	15-11-2003
		AU 769363 B2	22-01-2004
		AU 7015000 A	19-03-2001
		CA 2382003 A1	01-03-2001
		CN 1370294 T	18-09-2002
		DE 60006141 D1	27-11-2003
		EP 1212678 A2	12-06-2002
		WO 0114958 A2	01-03-2001
		JP 2003507811 T	25-02-2003

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/EP2004/050437

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 G06F9/445 G07F7/10

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 G07F G06F

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 6 005 942 A (CHAN ALFRED ET AL) 21 décembre 1999 (1999-12-21) colonne 7, ligne 51 - colonne 11, ligne 63 colonne 17, ligne 8 - colonne 20, ligne 10	1-6
Y	US 2002/002703 A1 (EIRICH THOMAS ET AL) 3 janvier 2002 (2002-01-03) figure 1 alinéa '0005! - alinéa '0014! alinéa '0022! - alinéa '0031!	1-6
A	SUN MICROSYSTEMS: "JAVA CARD 2.1 VIRTUAL MACHINE SPECIFICATION" 1999, JAVA CARD 2.1 VIRTUAL MACHINE SPECIFICATION, XX, XX, PAGE(S) COMPLETE , XP002146390 alinéa '01.1! - alinéa '01.4! alinéa '03.1! - alinéa '3.10.1!	1-6

-/--

[X] Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

[X] Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
21 juin 2004	27/07/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Kusnierczak, P

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/EP2004/050437

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 797 963 A (TRUSTED LOGIC) 2 mars 2001 (2001-03-02) cité dans la demande page 2, ligne 28 - page 14, ligne 21 page 18, ligne 3 - page 28, ligne 17	1-6
A	LEROY X: "On-Card Bytecode Verification for Java Card" 2001, LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE, SPRINGER VERLAG, NEW YORK, NY, US, VOL. 2140, PAGE(S) 150-164 , XP002208586 ISSN: 0302-9743 le document en entier	1-6
A	CASSET L ET AL: "Formal development of an embedded verifier for java card byte code" PROCEEDINGS INTERNATIONAL CONFERENCE ON DEPENDABLE SYSTEMS AND NETWORKS. DSN 2002. WASHINGTON, D.C., JUNE 23 - 26, 2002, INTERNATIONAL CONFERENCE ON DEPENDABLE SYSTEMS AND NETWORKS, LOS ALAMITOS, CA, IEEE COMP. SOC, US, 23 juin 2002 (2002-06-23), pages 51-56, XP010600283 ISBN: 0-7695-1597-5 le document en entier	1-6

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs [redacted] membres de familles de brevets

Demande internationale No
PCT/EP2004/050437

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
US 6005942	A	21-12-1999	AU	746459 B2	02-05-2002
			AU	6578698 A	20-10-1998
			CA	2288824 A1	01-10-1998
			EP	1004992 A2	31-05-2000
			EP	1021801 A1	26-07-2000
			US	6233683 B1	15-05-2001
			WO	9843212 A1	01-10-1998
US 2002002703	A1	03-01-2002	EP	1168165 A2	02-01-2002
			JP	2002116838 A	19-04-2002
FR 2797963	A	02-03-2001	FR	2797963 A1	02-03-2001
			AT	252742 T	15-11-2003
			AU	769363 B2	22-01-2004
			AU	7015000 A	19-03-2001
			CA	2382003 A1	01-03-2001
			CN	1370294 T	18-09-2002
			DE	60006141 D1	27-11-2003
			EP	1212678 A2	12-06-2002
			WO	0114958 A2	01-03-2001
			JP	2003507811 T	25-02-2003